

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

An Abstract of Japanese Patent Application Laid-open No.  
10-300957 (1998)

PROBLEM TO BE SOLVED: To optically couple a bulk type optical element, an optical fiber, an optical active element such as a semiconductor laser and other waveguide type parts simply with a low loss by specifying a gap width by a specified inequality.

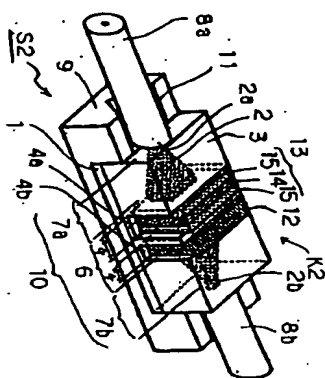
SOLUTION: An optical waveguide K2 is provided with one and more gap parts in which an optical element is packaged in the direction crossing a waveguide core 2 between a light entrance end part 2a and a light exit end part 2b. The gap width G of the gap part satisfies  $G < 0.32\pi n\omega^2 / \lambda$ , where,  $\lambda$ : the wavelength of a waveguide length, n: refractive index of optical element,  $\omega$ : the mode field radius of waveguide light. Otherwise, at least one of the gap parts satisfies  $0.975 < (1 + ((\lambda G) / (2\pi n\omega^2)))^{-1}$ , where,  $\lambda$ : the wavelength of a waveguide length, G: gap width, n: the refractive index of the gap part,  $\omega$ : the mode field radius of waveguide light. By arranging plural gap parts, the coupling loss is suitably decreased compared with the case that one gap width equal to the sum of the plural gap widths is provided.

(43)公明日 平成10年(1998)11月13日

(全7頁)

(72) 发明者 佐藤 耕史

$G < 0.32\pi n\omega^2/\lambda$   
(ただし、 $\lambda$ : 誘波光の波長、 $n$ : 光学素子の屈折率、 $\omega$ : 誘波光のモードフィールド半径)。



種な光ファイバであるバルク部品J2のごとくにシングルモードを拡大し、光子部品62を挟み込む構造も用いず、光ファイバ61a, 61bの端面のモードフィールド径を拡大し、光子部品62を挟み込む構造も用いている。これは、図6(a)に示すように、ファイバ61を加減し、光ファイバ61cにコンパクタ、ファイバ61を接続し、光ファイバ61bを接続させ、ファイバ61の端面形成を広くするとともに面外半径を小さくするものである。これにより、シングルモードを採

消し、バルク型の光学素子、光ファイバ、半導体レーザー等の光伝導素子、及び他の導波路型部品等を簡便に接続して光結合できる導波路体及び光デバイスを製造することを目的とする。

【0011】  
問題を解決するための手段）上記問題を解決するため  
に、本発明の光導波路本体は、導波路コアの光入射端部と  
光出射端部の間に導波路コアを横切る方向に光学素子  
が実装される間隔部を1つ以上備えて成り、前記間隔部  
の間隔幅Gが下記式を満足することを特徴とする。

$$G < 0.32\pi n\omega^2 / \lambda$$

（ただし、 $\lambda$ ：導波光の波長、 $n$ ：光学素子の屈折率、 $\omega$ ：導波光のモードファインレ半径）。

【0012】また、本発明の光ファイバは、上記光導波  
路本体の間隔部に光学素子を実装させるとともに、導波路  
コアの光入射端部及び/又は光出射端部に光ファイバを  
併設させた光ファイバであって、導波路コアの光入射端  
部及び/又は光出射端部のコア径を、併設させる光ファイ  
バのモードファインレ径に合致させたことを特徴とす  
る。

【0013】あるいは、導波路コアの光入射端部と光出  
射端部との間に、導波路コアを横切る光学素子実装用の  
間隔部を1つ以上備えているとともに、前記間隔部の少  
なくとも1つが、

$$0.975 < (1 + ((\lambda/G) / (2\pi n\omega^2))^2)$$

（ただし、 $\lambda$ ：導波光の波長、 $G$ ：間隔幅、 $n$ ：間隔部  
の屈折率、 $\omega$ ：導波光のモードファインレ半径）を満足  
する。ここで、上記間隔部を複数設けて光学素子をそれ  
ぞれの間隔部に配設することにより、複数の間隔幅の合  
計と等しい間隔幅を有する一つの間隔部を假し、この間  
隔部に光学素子を配設する場合よりも損失低減が期待す  
るので好適である。これは、図4のグラフから明らかな  
ように、間隔幅が大きくなるほど損失の上昇が急激とな  
るので、間隔幅の小さいものを複数に分割して設けるこ  
とで、

$$0.975 < (1 + ((\lambda/G) / (2\pi n\omega^2))^2) \dots (A)$$

（ただし、 $\lambda$ ：導波光の波長、 $G$ ：間隔幅、 $n$ ：間隔部  
の屈折率、 $\omega$ ：導波光のモードファインレ半径）を満足  
する。ここで、上記式の左辺の0.975は屈折率の  
1dBに相当する数値であり、電力透過係数を0dBに換  
算して得られた値である。上記(A)式は $0 < 0.32$   
 $\pi n\omega^2 / \lambda$ のようにも変形できる（ただし、 $\lambda$ ：導波  
光の波長、 $n$ ：光学素子の屈折率、 $\omega$ ：導波光のモー  
ドファインレ半径）。

【0018】このような光導波路本体K1において、導波  
路コア2の光入射端部2a及び/又は光出射端部2b  
に、併設させる光ファイバのモードファインレ径に合致  
させて光結合させて光ファイバを備成してもよい。  
【0019】さらに、光ファイバは導波路コア2を横切  
る間隔部4の少なくとも1つに、光ファイバコアと被覆光  
子、各種フイルム、減衰器等の光学素子5を実装して備  
成してもよい。  
【0020】上記形成の光導波路本体K1や光ファイバに  
よれば、光学素子5の光素子5を保持する

＊とて、合計の結合損失を一つの間隔部を設ける場合より  
低く抑えることが可能となるのである。

【0014】あるいは、本発明の光ファイバは、導波路  
コアを横切る間隔部の少なくとも1つに光学素子を実装  
して成ることを特徴とする。

【0015】具体的には、モードファインレ半径が20  
 $\mu\text{m}$ 以上の被覆光の進行方向に1mm以上持つハイド  
リッド実装用導波路を用いる。ここで、モードファイン  
レ半径が20 $\mu\text{m}$ 以上の被覆光はバルク光学素子実装用導波路  
とすると、このバルク光学素子実装用導波路を横切る間に間隔  
部（開口部）を形成し、バルク状の光学素子の実装に付  
合させる。ハイドリッド実装用導波路に挿入する光学素  
子の厚さ、間隔は予め定めなくてもよいが、実装部の長  
さがあるため実用的に打ち合わせ可能である。

【0016】また、ハイドリッド実装用導波路の光入出  
射端部は、光ファイバのモードファインレ径に合致させ  
られている。また、一方導波路を光ファイバのモードファ  
インレ径に、他方導波路を半導体レーザー等の光能動素子  
のモードファインレ径に合致させてもよい。これによ  
り、任意の厚さの導波路のバルク状の光学素子と光ファイ  
バあるいは光能動素子を容易に結合できる。

【0017】  
【発明の実施形態】以下に、本発明の実施形態につ  
いて図面に基づき詳細に説明する。図1に基づいて本発明  
の光導波路本体及びそれを用いた光ファイバについて説明  
する。図1に示すように、光導波路本体K1は基板上部であ  
る基板1上に導波路コア2が形成された基板上部であ  
る導波層（クラッド）3が設けられ、導波路コア2の光  
入射端部2aと光出射端部2bとの間に、導波路コア2を  
横切る光学素子実装用の間隔部4を1つ以上備えてお  
り、この間隔部4の少なくとも1つが、

（A）  
部品が不要になり部品点数、製造コストが低減する  
ことが可能となる。また、導波路コア2に設けられたバルク  
部品実装用導波路の長さの許す限り、任意の厚さ、間隔  
の間隔幅を形成することができ、したがって、便宜  
な設計（製品）で部品の厚さや間隔のハイドリッド実装  
に対応できる。

【0021】  
【実施例】次に具体的な実施例について説明する。  
【0022】（例1）図1に本発明に係る光導波路本体K  
1を示す。図1に示すように、石英の基板1上に屈折率  
が基板1より0.3%高い導波層（クラッド）3を形成  
する。次に、全長7mmに對し、コア径38 $\mu\text{m}$ のバル  
ク光学素子実装用導波路6を3mm、その両側にテーパ部7  
a、7bを1.5mmずつ設け、コア径9 $\mu\text{m}$ の光入  
射端部2a、光出射端部2bを両側に0.5mmになるよ  
うに、導波路コア2の形状をCVD及びエッチング等  
により形成する。光入射端部4a、光出射端部4bは、基  
板1に對しは屈折率差0.3%、バルク光学素子実装用導波

路8は出射率差0.019%となるようにする。な  
お、コア径4.5 $\mu\text{m}$ 、出射率差3%でシングルモ  
ードであるが、コア径を $r$ 、出射率差をDとすると  
 $r \times D \geq 1$ は規格化された値に比例する数値である。これ  
が一定ならば何れにシングルモード条件が保たれること  
になり高次モードは抑制されない。

【0023】この導波路コア2の上石英のクラッド層  
3をCVD法等により形成する。モードファインレ径は  
コア径の約1.1倍になるため、バルク光学素子実装用導  
波路8でモードファインレ径はおよそ40 $\mu\text{m}$ （半径20  
0 $\mu\text{m}$ ）、光入射端部2a、光出射端部2bでモードファ  
インレ径はおよそ10 $\mu\text{m}$ （半径5 $\mu\text{m}$ ）となる。

【0024】このバルク光学素子実装用導波路6に所定の間  
隔Gを有する間隔部4をダイシング等により形成し、任  
意の厚さ、任意の枚数の素子を実装できる。多数の素子  
を一体化し、間隔部4を一箇所にしてもよいが、素子の  
枚数に応じて間隔部4の数を増やして実装してもよい。  
なお、間隔部4はエッチング等で形成してもよい。

【0025】図4に2つの導波路コア2を対向させた場  
合の光の結合損失を示す。横軸は2つの導波路コア2の  
対向間隔であり、本発明においては間隔部4の間隔（間  
隔G）に相当し、縦軸は回折損失、すなわち導波路コ  
ア2を横すことによる結合損失を示す。図中のwはそれ  
ぞれモードファインレ半径である。モードファインレ半  
径が5 $\mu\text{m}$ の場合の通常の石英系導波路のものを示し、  
実装部のカーブはモードファインレ半径を20 $\mu\text{m}$ に拡大  
した場合を示す。縦軸は1.31 $\mu\text{m}$ で間隔部4内の屈折  
率は空気（ $n=1$ ）として、回折損失は1dB程度  
（1dBが式(A)の約0.975に相当する）に抑え  
ようとする。1mmの対向間隔で少なくともモードファ  
インレ半径は20 $\mu\text{m}$ 必要である。また、複数の素  
子を入射する場合、例えばモードファインレ半径20 $\mu\text{m}$   
の場合、厚さ200 $\mu\text{m}$ の素子2枚をまとめて400  
 $\mu\text{m}$ の厚さで導波路中に挿入すると、損失は0.185  
dBだが、別の箇所に間隔部を設け、厚さ200 $\mu\text{m}$ の  
素子を別々に挿入すると合計の損失は0.094dBと  
なり、より低損失が可能である。これはレンズ系では  
不可能であり、バルク光学素子実装用導波路を良い区間設け  
ているため可能になる。

【0026】（例2）次に別の実施例について図2に基  
づき光導波路本体K2及び光ファイバS2を説明する。石  
英の基板1上に屈折率が基板より0.3%高い導波層3  
を形成する。次に、全長7mmに對し、コア径38 $\mu\text{m}$   
のバルク光学素子実装用導波路6を3mm、その両側にテー  
パ部7a、7bを1.5mmずつ、コア径9 $\mu\text{m}$ の光入  
射端部2a、光出射端部2bを両側に0.5mmになる  
ようコア形状をCVD及びエッチング等により形成す  
る。

【0027】光入射端部2a、2bは、基板1に對し  
出射率差0.3%、バルク光学素子実装用導波路6は出射  
率差0.019%となるようにする。モードファイン  
レ径はコア径の約1.1倍になるため、バルク光学素子実  
装用導波路8でモードファインレ径はおよそ40 $\mu\text{m}$   
（半径20 $\mu\text{m}$ ）、光入射端部2a、2bでモードファ  
インレ径はおよそ10 $\mu\text{m}$ （半径5 $\mu\text{m}$ ）となる。  
【0028】光入射端部2a、2bには、光ファイバ  
8a、8bをバットジョイントにより接続する。9はハ  
イドリッド実装用導波路10と光ファイバ8a、8bを  
ファイバメントして固定するための溝を形成してあり、  
光ファイバメントして固定するための溝の深さを基板であり、  
光ファイバ8a、8bの位置決め、保持のために溝1  
1を有している。

【0029】また、バルク光学素子実装用導波路6には間隔  
部4aが約500 $\mu\text{m}$ 、間隔部4bが800 $\mu\text{m}$ の幅で  
切削されており、ここに波長フイルム12と光ファイ  
バ13を挿入して固定している。なお、光ファイバ  
13は予め、カーネット14と2枚の偏光子15の計3  
枚の光学素子を貼り合せ一体化しているが、結合損失低  
減のため開口（間隔部）を3箇所設け別々に挿入固定し  
てもよい。

【0030】この例では、それぞれ光酸化性樹脂を用い  
て光学素子5が位置固定されている。この光酸化性樹脂は  
屈折率の調整が可能であるため、ハイドリッド実装用導波  
路10の光入射端部2a、2bの導波路コアと光ファイ  
バ8a、8bのコアと同一の屈折率をもたせている。  
波長フイルム12と光ファイバ13の表面は対接  
層を用いたARコートをしていて、

【0031】なお、固定は半田等でもよいが、その場合  
は、波長フイルム12と光ファイバ13の両面は  
対向実装用のARコートとし、エアーギャップを設ける必  
要がある。さらに、固定を半田で行い、波長フイルム  
12の両面は対向実装用ARコートを施し、波長フイル  
ム12と光ファイバ13の挿入時の隙間は前述の  
光酸化性樹脂を充填してもよい。また、図2には図示しな  
いが、最終的にはバットジョイント内に密着される。  
【0032】この例でも回折損失は間隔部4a、4bの  
合計で1dB以下となった。

【0033】（例3）次に、別の実施例を図3に基づ  
いて光導波路本体K3及び光ファイバS3について説明す  
る。図3に示すように、石英の基板1上に、全長7mm  
に對し、モードファインレ半径20 $\mu\text{m}$ のバルク光学素  
子実装用導波路6を3mm、その両側にテーパ部7a、7b  
を1.5mmずつ、モードファインレ半径3 $\mu\text{m}$ の光入  
射端部2aとモードファインレ半径5 $\mu\text{m}$ の光出射端部  
2bを両側に0.5mmになるよう形成する。14はハ  
イドリッド実装用導波路10と光ファイバ8と半導体レ  
ザー16をファイバメントして固定するためのフット  
ジョイントである。

【0034】光入射端部2aはフットジョイント14上  
に固定された半導体レーザー16と光学的に結合され、  
光出射端部2bには、光ファイバ8をバットジョイント

により損傷する。またバルク素子実装用導波路6には間隙部4aが約800 $\mu$ m、間隙部4bが約800 $\mu$ mの幅で切開されており、ここに2つの光ファイバ13a, 13bを挿入固定している。これにより、2段型光ファイバ13a, 13bが同時に実現できる。なお、2つの光ファイバ13a, 13bの間隙部は形成し別々に配置されているが、第6面の間隙部を形成し別々に配置しても良い。この場合は損失を小さくする事が可能である。素子の屈折率を考えると、光ファイバ13a, 13bの屈折率を2.0として、単純に800 $\mu$ m厚に切り合わせたファイバを2つの場合、回折損失は1.4dB、各素子をバラバラに配置した場合は回折損失の合計は0.56dBとなる。なお波長は1.31 $\mu$ mとしている。

【0035】なお、実施例1と同様にこの所において、それぞれ光硬化性樹脂を用いて固定されている。

【0036】光モジュールの組立の際、最も煩雑で不良率が発生する可能性が高い工程が半導体レーザーをファイバメントし固定する工程である。光学素子を実装する間隙部を形成する前に本発明のハイブリッド実装用導波路に半導体レーザーと光ファイバをファイバメントし、この時点で不良を取り除けば後から間隙部を形成する工程や光学素子の組立を防ぐことができる。これは、光学素子の有無にかかわらず、半導体レーザーと光ファイバの最適なファイバメントが可能となる構造による。

【0037】【発明の効果】以上説明したように、本発明の光導波路体及びそれを用いた光デバイスによれば、以下に示す優れた効果を得ることができる。

【0038】・光学ファイバメントのための光学素子を保持する部品が不要になり部品点数、製造が簡便なことができる。すなわち、組み立てが容易となり小型化が可能となる。

【0039】・導波路コアに形成されたバルク部品実装用導波路の長さの許す限り、任意の厚み、側面の間隙部を形成する事ができる。したがって、一つの設計（製品）のみで、さまざまな厚さ、側面のハイブリッド実装に対応できる。特に、複数の素子を同時に、容易に実装

できるので好適である。また、光学素子の実装位置を予測することで、実装時の損失を低減することができる。間隙部（溝）の形成位置のバラツキも非常に大きい。

【0040】・ハイブリッド実装用導波路と光ファイバとのバットジョイントにより、モードフィールドの台致した導波路部品との損失を極力少なく光結合することができる。したがって、バルク部品と他の導波路型部品のハイブリッド化が簡便かつ容易になる。

【0041】・光の透過部には空気中の塵埃伝播部がほとんど存在しないため、塵埃の変化による特性の変化が生じにくい。

【0042】・ハイブリッド実装用導波路と光ファイバととLD等を初めに接続しておいて、後から間隙部を形成し、バルクの光学素子の実装を行ってもよく、各工程の不良率を考慮し、最適な組み立て順序を採用することができる。

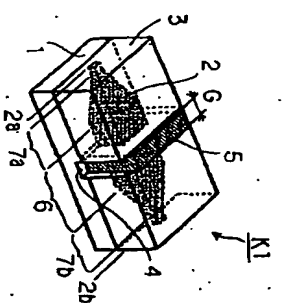
【図面の簡単な説明】  
【図1】本発明に係るハイブリッド実装用の光導波路体を用いる斜視図である。  
【図2】本発明に係る他のハイブリッド実装用の光導波路体及び光ファイバを説明する斜視図である。  
【図3】本発明に係る他のハイブリッド実装用の光導波路体及び光ファイバを説明する斜視図である。  
【図4】モードフィールド半径、対向間隙部及び回折損失の関係を説明するグラフである。  
【図5】従来のヒジナール型部品を示す断面図である。

【図6】(a), (b) はそれぞれ従来のコア拡大ファイバによる実装方法を説明する一部断面図である。  
【図7】従来の半導体レーザーモジュールを示す一部断面図である。

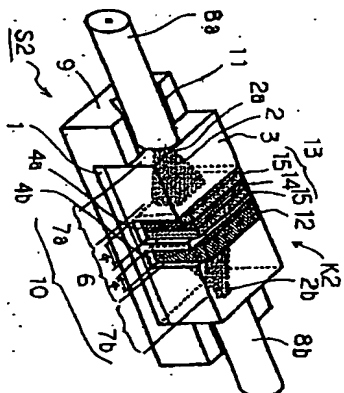
#### 【符号の説明】

- 1 : 基板
- 2 : 導波路コア
- 2a : 光入射端部
- 2b : 光出射端部
- 3 : 導波路（クラッド層）
- 4, 4a, 4b : 間隙部
- K1, K2, K3 : 光導波路体
- S, S2, S3 : 光デバイス

【図1】



【図2】



【圖4】

